

(19)



JAPANESE PATENT OFFICE

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11) Publication number: **2001159816 A**

(43) Date of publication of application: **12.06.01**

(51) Int. Cl.

G03F 7/023

G03F 7/40

H01L 21/28

H01L 21/3065

H01L 21/768

(21) Application number: **2000290081**

(22) Date of filing: **20.08.98**

(62) Division of application: **10233986**

(71) Applicant: **MATSUSHITA ELECTRONICS
INDUSTRY CORP**

(72) Inventor: **SHIMOMURA KOJI
NAKAMURA TETSUYA**

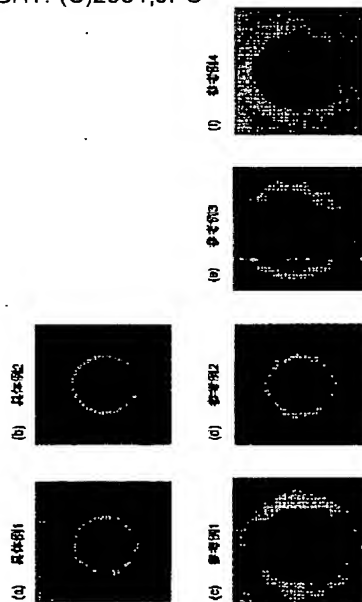
(54) **HOLE PATTERN FORMING METHOD**

COPYRIGHT: (C)2001,JPO

(57) Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To obtain a round hole pattern shape with a high aspect ratio when a film to be etched is dry-etched through a resist film with a hole pattern as a mask to form a hole pattern.

SOLUTION: The hole pattern forming method includes a 1st step in which a hole patterned photosensitive material film is formed on a film to be etched on a semiconductor substrate and a 2nd step in which the film to be etched is dry-etched with high density plasma of $\approx 1 \times 10^{10}$ cm⁻³ through the hole patterned photosensitive material film as part of a mask to form the objective round hole pattern comprising the film to be etched and having a high aspect ratio. A novolak type resist containing a novolak resin as a base polymer and a quinonediazido compound as an acid generating agent is used as the constituent photosensitive material of the photosensitive material film.



(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2001-159816

(P2001-159816A)

(43) 公開日 平成13年6月12日 (2001.6.12)

| (51) Int.Cl. ⁷ | 識別記号 | F I | テマコード [*] (参考) |
|------------------------------|-------|---------------|-------------------------|
| G 0 3 F 7/023 | 5 1 1 | G 0 3 F 7/023 | 5 1 1 |
| 7/40 | 5 2 1 | 7/40 | 5 2 1 |
| H 0 1 L 21/28 | | H 0 1 L 21/28 | D |
| 21/3065 | | 21/302 | J |
| 21/768 | | 21/90 | D |
| 審査請求 未請求 請求項の数 3 O L (全 9 頁) | | | |

(21) 出願番号 特願2000-290081(P2000-290081)
 (62) 分割の表示 特願平10-233986の分割
 (22) 出願日 平成10年8月20日 (1998.8.20)

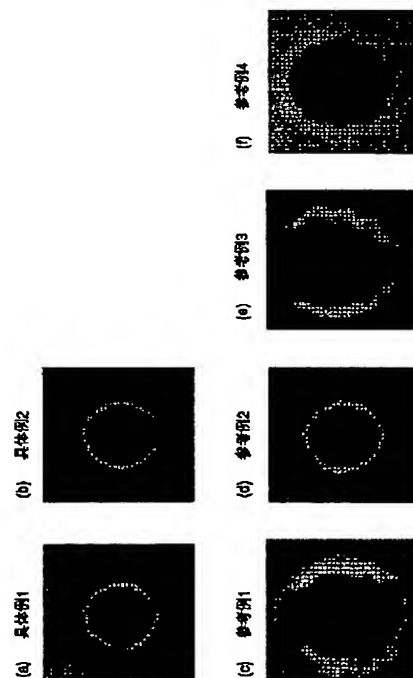
(71) 出願人 000005843
 松下電子工業株式会社
 大阪府高槻市幸町1番1号
 (72) 発明者 下村 幸司
 大阪府高槻市幸町1番1号 松下電子工業
 株式会社内
 (72) 発明者 中村 哲也
 大阪府高槻市幸町1番1号 松下電子工業
 株式会社内
 (74) 代理人 100081813
 弁理士 早瀬 憲一

(54) 【発明の名称】 ホールパターンの形成方法

(57) 【要約】

【課題】 ホールパターンを有するレジスト被膜をマスクとして被エッチング膜にドライエッチングを行ってホールパターンを形成する際、高アスペクト比の丸型のホールパターン形状を得るようにする。

【解決手段】 半導体基板上に形成された被エッチング膜の上に、ホールパターン化された感光性材料膜を形成する第1の工程と、前記ホールパターン化された感光性材料膜をマスクの一部として、前記被エッチング膜に対して $1 \times 10^{10} \text{ cm}^{-3}$ 以上の高密度プラズマによりドライエッチングを行い、前記被エッチング膜からなる高アスペクト比の丸型のホールパターンを形成する第2の工程と、を含み、前記感光性材料膜を構成する感光性材料は、ベースポリマーとしてのノボラック樹脂、酸発生剤としてのキノンジアジド化合物を含む、ノボラック型レジストを使用するようにしたホールパターンの形成方法を提供する。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 半導体基板上に形成された被エッチング膜の上に、ホールパターン化された感光性材料膜を形成する第1の工程と、

前記ホールパターン化された感光性材料膜をマスクの一部として、前記被エッチング膜に対して $1 \times 10^{10} \text{ cm}^{-3}$ 以上の高密度プラズマによりドライエッチングを行い、前記被エッチング膜からなる高アスペクト比の丸型のホールパターンを形成する第2の工程と、

を含み、

前記感光性材料膜を構成する感光性材料は、ベースポリマーとしてのノボラック樹脂、酸発生剤としてのキノンジアシド化合物を含む、ノボラック型レジストを使用することを特徴とするホールパターンの形成方法。

【請求項2】 請求項1記載のホールパターンの形成方法において、

前記被エッチング膜を高密度プラズマによりドライエッチングする装置は、

プラズマを発生させるソース電源と、

イオンを基板に引き込むバイアス電源とを備えたものであることを特徴とするホールパターンの形成方法。

【請求項3】 請求項1記載のホールパターンの形成方法において、

前記被エッチング膜を高密度プラズマによりドライエッチングする装置は、

誘導結合型プラズマタイプ、電子サイクロトロン共鳴タイプ、容量結合型プラズマ2周波タイプ、表面波プラズマタイプのプラズマドライエッチング装置であることを特徴とするホールパターンの形成方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明はホールパターンの形成方法に関し、特に、半導体基板上の被エッチング膜に対して、ホールパターン化された感光性材料膜をマスクとしてドライエッチングを行なって、被エッチング膜からなるホールパターンを形成する方法に関する。

【0002】

【従来の技術】以下、従来のホールパターンの形成方法について、図1(a)～図1(c)を参照しながら説明する。まず図1(a)に示すように、半導体基板1上の被エッチング膜2上に、ホールパターン化(4)された感光性材料(以下、レジストと呼ぶ)被膜3を形成する。これは、レジスト3を被エッチング膜2の上に堆積する工程と、可視光(波長700～400nm)あるいは近紫外線(波長400～300nm)を、露光光源として、レジスト被膜3に照射する工程と、レジスト3の照射部、または未照射部を、現像液に浸水させて溶解させる工程からなる。

【0003】次に図1(b)に示すように、ホールパターン化(4)されたレジスト被膜3をマスクにして、被エ

ッチング膜2に対してドライエッチングを行なうことにより、ホールパターン化(4)されたレジスト被膜3のパターン形状を、被エッチング膜2に転写して、該被エッチング膜3からなるホールパターン5を形成する。

【0004】次に図1(c)に示すように、ホールパターン化されたレジスト被膜3を除去することにより、半導体基板1上に、被エッチング膜からなるホールパターン5が得られる。

【0005】上記の、可視光(波長700～400nm)あるいは近紫外線(波長400～300nm)の露光光源に対応する代表的なレジストとしては、ベースポリマーにノボラック樹脂を、感光性成分にキノンジアシド化合物を、用いたものが用いられる(以下、このレジストを、ノボラック型レジストと呼ぶ)。このレジストは、露光された部分のアルカリ可溶性が増大するため、テトラメチルアンモニウムヒドロキシド(以下、TMAHと呼ぶ)などに代表される希アルカリ水溶液の現像液に浸水させる(以下、現像と呼ぶ)と、露光部分が溶解除去される。これは、上記感光性成分をなすキノンジアシド化合物は、上記ベースポリマーであるノボラック樹脂に対して溶解阻止能を有するが、該キノンジアシド化合物は、上記露光光源による露光によりインデンカルボン酸となり、逆に上記ベースポリマーであるノボラック樹脂に対して溶解促進作用を示すためである。

【0006】また、上記レジストにより形成されたホールパターン4をマスクとして、上記被エッチング膜2をドライエッチングするためには、反応性イオンエッチング方式が用いられている。この反応式イオンエッチング方式には、容量結合型プラズマタイプ、誘導結合型プラズマタイプ、電子サイクロン共鳴タイプ、容量結合型プラズマ2周波タイプ、表面波プラズマタイプなどがある。

【0007】

【発明が解決しようとする課題】ところで、複雑な半導体集積回路を使用したシステムの小型化に伴って、コンタクトホール(以下、ホールと呼ぶ)も微細化が求められている。このため、リソグラフィプロセスでは、露光光源の短波長化が求められている。このような短波長の放射線を用いるリソグラフィプロセスとしては、KrFエキシマレーザー(波長248nm)、ArFエキシマレーザー(波長193nm)等の遠紫外線や、シンクロトロン放射線等のX線、あるいは電子線等の荷電粒子線を使用する方法が提案されている。そして、このような短波長の放射線に対応する高解像度のレジストとして、インターナショナル・ビジネス・マシーン(IBM)社より「化学増幅型レジスト」が提唱されている。化学増幅型レジストは、それに含有される感放射線性酸発生剤への放射線の露光により酸を発生させ、この酸の触媒反応によりレジスト被膜中で、例えば、極性の変化、化学結合の開裂、架橋反応等の化学反応を生起させ、現像液

に対する溶解性が露光部において変化する現象を利用して、パターンを形成するものである。したがって、従来のノボラック型レジストとは異なった化学反応機構を持つ材料である。

【0008】一方、レジストにより形成されたホールパターン4をマスクとして、被エッチング膜2をドライエッチングすると、ホールサイズの微細化に伴い、ホールサイズに対する被エッチング膜2の相対的厚さ（以下、この比をアスペクト比と呼ぶ）が厚くなる。このため、複雑な半導体集積回路を使用したシステムの小型化に伴って、高アスペクト比のホールを形成可能なドライエッチングプロセスが求められている。高アスペクト比のホールを実現するためには、高真空、高プラズマ密度を有するプロセスが必要となる。このため、ドライエッチング装置は、単一電源を用いた方式から、主にプラズマを発生させるソース電源と、主にイオンを基板に引き込むバイアス電源との2つ以上の電源を持ち、該ソース電源と、バイアス電源とを独立して制御する方式のものに移行しつつある。また、プラズマ発生方式も、反応性イオンエッチングでは、単一電源である容量結合型プラズマタイプから、2つ以上の電源を持った誘導結合型プラズマタイプ、電子サイクロン共鳴タイプ、容量結合型プラズマ2周波タイプ、表面波プラズマタイプが、用いられるようになってきている。

【0009】ここで、化学増幅型レジストをマスクとした場合において、反応性エッチングに電源が一つの容量結合型プラズマタイプのエッチング装置を用いた場合には、被エッチング膜に形成されるホールパターンは、星型形状にはならず、その大きさも大きいものとはならない。しかしながら、図2に示すように、化学増幅型レジストを用いたホールパターンをマスクとして、誘導結合型プラズマタイプ、電子サイクロン共鳴タイプ、容量結合型プラズマ2周波タイプ、表面波プラズマタイプ、の反応性エッチングにより、被エッチング膜2をドライエッチングすると、即ち、例えば、酸発生剤にジアゾメタン化合物を、反応性エッチングに誘導結合型プラズマタイプを用いた場合、あるいは、酸発生剤にオニウム塩化合物とジアゾメタン化合物の混合物を、反応性エッチングに誘導結合型プラズマタイプを用いた場合には、被エッチング膜に形成されるホールパターン5は星型形状になり、また、ホールサイズは、化学増幅型レジストを用いたホールパターン4よりも極端に大きくなる。

【0010】そして、半導体集積回路において、図2のような星型形状、かつ大きなサイズのコンタクトホールが形成されてしまうと、図2のような星型形状、かつ大きなサイズのコンタクトホールと、配線とが不要に相互接続されてしまうことにより、異常なリーク電流が流れ、素子特性の劣化を招くという問題が発生する。

【0011】また、従来のノボラック型レジストをマスクとした場合には、電源がひとつの容量結合型プラズマ

タイプのエッチング装置を用いると、被エッチング膜に形成されるホールパターンは、星型形状にはならず、その大きさも大きいものとはならない。しかるに、これによっては、高アスペクト比のホールパターンを形成することができない。

【0012】本発明は、上記の点に鑑み、ノボラック型レジストによるホールパターンをマスクとして被エッチング膜にホールパターンを形成する際に、丸形でアスペクト比の高いホールパターン形状を得ることができ、異常なリーク電流が流れ、素子特性の劣化を招く等の問題が発生することのない、ホールパターンの形成方法を提供することを目的とする。

【0013】

【課題を解決するための手段】本発明の請求項1にかかるホールパターンの形成方法は、半導体基板上に形成された被エッチング膜の上に、ホールパターン化された感光性材料膜を形成する第1の工程と、前記ホールパターン化された感光性材料膜をマスクの一部として、前記被エッチング膜に対して $1 \times 10^{10} \text{ cm}^{-3}$ 以上の高密度プラズマによりドライエッチングを行い、前記被エッチング膜からなる高アスペクト比の丸型のホールパターンを形成する第2の工程と、を含み、前記感光性材料膜を構成する感光性材料は、ベースポリマーとしてのノボラック樹脂、酸発生剤としてのキノンジアシド化合物を含む、ノボラック型レジストを使用することを特徴とするものである。

【0014】本発明の請求項2にかかるホールパターンの形成方法は、請求項1記載のホールパターンの形成方法において、前記被エッチング膜を高密度プラズマによりドライエッチングする装置は、プラズマを発生させるソース電源と、イオンを基板に引き込むバイアス電源とを備えたものであることを特徴とするものである。

【0015】本発明の請求項3にかかるホールパターンの形成方法は、請求項1記載のホールパターンの形成方法において、前記被エッチング膜を高密度プラズマによりドライエッチングする装置は、誘導結合型プラズマタイプ、電子サイクロトロン共鳴タイプ、容量結合型プラズマ2周波タイプ、表面波プラズマタイプのプラズマドライエッチング装置であることを特徴とするものである。

【0016】

【発明の実施の形態】（実施の形態1）以下、本発明の実施の形態によるホールパターンの形成方法について、図1(a)～(c)を参照しながら説明する。まず、図1(a)に示すように、被エッチング膜2上にホールパターン化(4)されたレジスト被膜3を形成する。これは、レジスト3を被エッチング膜2の上に堆積する工程と、露光光源としてKrFエキシマレーザー（波長248nm）、ArFエキシマレーザー（波長193nm）等の遠紫外線や、シンクロトロン放射線等のX線、あるいは

電子線等の荷電粒子線をレジスト被膜3に照射する工程と、レジスト被膜3の照射部、または未照射部を現像液に溶解させる工程とからなるものである。

【0017】次に、図1(b)に示すように、ホールパターン化(4)されたレジスト被膜3をマスクにして、被エッチング膜2に対してドライエッチングを行なうことにより、ホールパターン化(4)されたレジスト被膜3のパターン形状を、被エッチング膜2に転写して、被エッチング膜2からなるホールパターン5を形成する。次に、図1(c)に示すように、ホールパターン化(4)されたレジスト被膜3を除去することにより、半導体基板1上に、被エッチング膜2からなるホールパターン5が得られる。

【0018】既に述べたことでもあるが、上記の工程では、従来は、露光光源として可視光(波長700~400nm)や近紫外線(波長400~300nm)を用いていた。また、上述したように、上記の露光光源に対応する代表的なレジストとしては、ベースポリマーにノボラック樹脂を、感光性成分にキノンジアシド化合物を用いている。このレジストは、光露光された部分のアルカリ可溶性が増大するため、TMAH(テトラメチルアンモニウムヒドロキシド)などに代表される希アルカリ水溶液の現像液に浸水させると、露光部分が溶解除去される。これは、上記感光性成分をなすキノンジアシド化合物は上記ベースポリマーであるノボラック樹脂に対して溶解阻止能を有するが、該キノンジアシド化合物は、上記露光光源による露光によりインデンカルボン酸となり、逆に上記ベースポリマーであるノボラック樹脂に対して溶解促進作用を示すためである。

【0019】これに対して、近年、複雑な半導体集積回路を使用したシステムの小型化に伴って、コンタクトホールも微細化が求められており、このため、リソグラフィプロセスでは、レジストへの露光光源の短波長化が求められている。このような短波長の放射線を用いるリソグラフィプロセスとしては、KrFエキシマレーザー(波長248nm)、ArFエキシマレーザー(波長193nm)等の遠紫外線や、シンクロトロン放射線等のX線、あるいは電子線等の荷電粒子線を使用する方法が提案されている。そして、このような短波長の放射線に対応する高解像度のレジストとして、上述した、化学増幅型レジストが提唱されており、これは、それに含有される感放射線性酸発生剤への放射線の露光により酸を発生させ、この酸の触媒反応により感光性材料被膜中で、例えば極性の変化、化学結合の開裂、架橋反応等の化学反応を生起させ、現像液に対する溶解性が露光部において変化する現象を利用して、パターンを形成するものである。したがって、従来のノボラック型レジストとは異なった化学反応機構を持つ材料である。

【0020】この化学増幅型レジストの構成材料である酸発生剤としては、オニウム塩化合物、スルホンイミド

化合物、ハロゲン含有化合物、スルホン化合物、スルホン酸エステル化合物、キノンジアシド化合物、ジアゾメタン化合物が挙げられる。

【0021】しかしながら、上記の酸発生剤のうち、ビスシクロヘキシルスルホニルジアゾメタン、ビス(3-メチルフェニルスルホニル)ジアゾメタンなどに代表されるジアゾメタン化合物を用いた化学増幅型レジストは、丸型のホールパターン化されたレジスト被膜3をマスクとして、被エッチング膜2に対しドライエッチングを行う際に、2つ以上の電源をもつドライエッチング装置を用いると、図2に示すように、被エッチング膜によるホールパターン5は星型形状になる。これは、他の酸発生剤が、熱(例えば160℃を超えるまでの温度)やプラズマに対して安定性が高いのに対し、ジアゾメタン化合物は、他の酸発生剤よりも、熱やプラズマに対して安定性が低く、昇華するためである。

【0022】そして、半導体集積回路において、図2のような形状、かつ大きなサイズのコンタクトホール5を形成すると、図2のような星型形状、かつ大きなサイズのコンタクトホール5と、配線とが不要に相互接続されてしまうことにより、異常なリーク電流が流れ、素子特性の劣化を招くという問題が発生することとなる。

【0023】本実施の形態で説明しているオニウム塩化合物としては、スルホニウム塩、ヨードニウム塩、ビリジウム塩、ホスオニウム塩、オキシニウム塩、アンモニウム塩が挙げられる。スルホンイミド化合物としては、N-スルホニルオキシアフタルイミド酸発生体が挙げられる。ハロゲン含有化合物としては、ハロアルキル基含有炭化水素化合物、ハロアルキル基含有複素環式化合物が挙げられる。スルホン化合物としては、β-ケトンスルホン、β-スルホニルスルホンなどが挙げられる。スルホン酸エステル化合物としては、アルキルスルホン酸エステル、ホロアルキルスルホン酸エステル、アリールスルホン酸エステル、イミノスルホネートが挙げられる。

【0024】本実施の形態で説明している、2つ以上の電源をもつドライエッチング方式としては、主にプラズマを発生させるソース電源と、主にイオンを基板に引き込むバイアス電源とを、別々に持つ装置が挙げられる。具体的な例としては、誘導結合型プラズマ(ICP, Induction Coupling Plasma)タイプ、電子サイクロン共鳴(ECR, Electron Cyclotron Resonance)タイプ、容量結合型プラズマ2周波(RIE, Reactive Ion Etching - Double Frequency Plasma)タイプ、表面波プラズマ(SWP, Surface Wave Plasma)タイプが挙げられる。一方、電源が単一であるドライエッチング方式としては、容量結合型プラズマ(RIE, Reactive Ion Etching - Plasma)タイプが挙げられる。

【0025】2つ以上の電源をもつドライエッチング方式と、電源が単一であるドライエッチング方式とを比較

すると、2つ以上の電源をもつドライエッチング方式の方が、高密度のプラズマを発生することができる。したがって、高アスペクト比のホールパターンを形成することができる。

【0026】図3に、プラズマ密度とホールサイズ、及びホール形状の関係を示す。条件として、シリコンからなる半導体基板1の上にBPSG (Boro-Phospho Silicate Glass) からなる被エッチング膜2を、1200nm堆積した。レジスト膜厚は、1000nm、リソグラフィ後のホールサイズは、300nmとした。この場合、RIEの領域であるプラズマ密度 $1 \times 10^{10} \text{ cm}^{-3}$ までの低密度プラズマ領域では、被エッチング膜のホールパターン5は丸型形状であり、ドライエッチング後のホールサイズもリソグラフィ後とはほぼ同等の300nmである。しかし、 $1 \times 10^{10} \text{ cm}^{-3}$ 以上の高密度プラズマ領域になるにつれて、被エッチング膜のホールパターン5は星型形状になり、ホールサイズも拡大していくことがわかる。この結果から、被エッチング膜のホールパターン5の形状はプラズマ密度と大きく関係していることがわかる。

【0027】ところが、従来のノボラック型レジストをマスクとした場合、あらゆるタイプの反応性エッチングを用いて被エッチング膜2によるホールパターン5を形成しても、被エッチング膜2によるホールパターン5は星型形状にはならない。また、化学増幅型レジストをマスクとした場合でも、容量結合型プラズマタイプの反応性エッチングを用いて被エッチング膜2によるホールパターン5を形成しても、被エッチング膜2によるホールパターン5は星型形状にはならないことが以下に示す具体例、及び参考例から明らかである。このため、ホールパターン5の星型形状への変形は、特定の化学増幅型レジスト（酸発生剤としてジアゾメタン化合物を用いたもの）を特定のドライエッチングプロセス（2つ以上の電源をもつドライエッチング方式）に組み合わせることにより発生する、ことが明らかとなったことは驚くべきことである。

【0028】また、以下に示す具体例、及び参考例に示すように、化学増幅型レジストの構成部分である保護基は、ホールパターンの星型形状への変形には依存性がないことがほぼ明らかとなった。また、レジストの耐熱性やドライエッチングによるレジストの削られ速度は、ホールパターンの星型形状への変形には依存性がないことがほぼ明らかとなった。また、レジスト被膜のアニーリング処理は、ホールパターンの星型形状への変形には依存性がないことがほぼ明らかとなった。また、レジストの溶媒は、ホールパターンの星型形状への変形には依存性がないことがほぼ明らかとなった。

【0029】以下、レジスト、及びドライエッチング方式の違いによる、ホールパターンの形状についての実験結果について説明する。また、まとめを表1に示す。

【0030】（第1の具体例）まず、シリコンからなる半導体基板1の上に、BPSGからなる被エッチング膜2を、1200nm堆積した。次に、ベースポリマーとしてのアルカリ難溶性樹脂であるPHS（ポリヒドロキシシスチレン）誘導体、ベースポリマーに結合している保護基としてのアクリル酸 α -ブチルエステル基、酸発生剤としてのスルホンイミド化合物であるN-カンフォルスルホニルオキシナフタルイミド、溶媒としての乳酸エチルとからなるレジスト（化学増幅型レジスト）を、被エッチング膜2上に塗布して、次に140℃で60秒加熱処理を行い、1000nmの膜厚を有するレジスト被膜3を形成した。

【0031】次に、レジスト被膜3に対して、マスクを介して、KrFエキシマレーザを照射した後、露光後バーク（以下、PEB, post-exposure baking, と呼ぶ）として、150℃で90秒の加熱処理をした。次に、レジスト被膜3の照射部を、2.38% TMAH水溶液からなる現像液に溶解させて、レジスト被膜3の未照射部からなる、開口サイズ（ホールの直径）が300nmである、ホールパターン化されたレジスト被膜3を形成した。

【0032】なお、このレジストは、レジスト塗布後の加熱処理条件として、保護基が結合したベースポリマーのガラス転移温度近くでの処理を行ない、該アニーリング処理により自由堆積を減少し、空気中の塩基が拡散浸透してくることを防ぐことを目的としたレジストである（以下、この処理をアニーリング処理と呼ぶ）。この処理により、レジストの耐熱性は、ガラス転移温度である150℃付近までの加熱処理によってもレジストパターン形状は変形しなくなるものとなる。また、この耐熱性は、従来のノボラック型レジストよりも優れた特性を持つものである。

【0033】次に、ホールパターン化されたレジスト被膜3をマスクとして、被エッチング膜2のドライエッチングを行なった。ドライエッチング装置は、誘導結合型プラズマタイプを使用した。ドライエッチング条件は、エッチングガスとしては、 C_2F_6 、チャンバ真空度は、5~10mTorr、バイアスパワーは、1000W、ソースパワーは、2100Wである。この時のプラズマ密度は、 $8 \times 10^{10} \text{ cm}^{-3}$ である。また、上記レジストと被エッチング膜2とのエッチング選択比は、ノボラック型レジストと比較して約90%であった（すなわち、化学増幅型レジストのほうが削られやすい）。

【0034】上記のレジスト、及びドライエッチング条件により被エッチング膜2にホールパターン5を形成したところ、図4(a)に示すように、該ホールパターン5はきれいな丸型形状となり、良好な特性が得られた。また、ホールサイズは約310nmであり、寸法の極端な拡大もなく良好な特性であった。

【0035】（第1の参考例）

【0036】ベースポリマーとしてのアルカリ難溶性樹脂であるPHS（ポリヒドロキシスチレン）誘導体、ベースポリマーに結合している保護基としてのアクリル酸 α -ブチルエステル基、酸発生剤としてのジアゾメタン化合物であるビスシクロヘキシルスルホニルジアゾメタン、溶媒としての乳酸エチルとからなるレジスト（化学増幅型レジスト）を、被エッチング膜2上に塗布して、次に140℃で60秒加熱処理を行い、1000nmの膜厚を有するレジスト被膜3を形成した。この結果、レジストの耐熱性、及びレジストと被エッチング膜とのエッチング選択比は、第1の具体例と同一であった。また、その他の実験条件は、第1の具体例と同一である。

【0037】上記のレジスト、及びドライエッチング条件により被エッチング膜2にホールパターン5を形成したところ、図4(c)に示すように、径のかなり大きい、星型形状となった。また、ホールサイズは約360nmであり、寸法の極端な拡大が見られ、非常に好ましくないものであった。

【0038】（第2の参考例）ベースポリマーとしてのアルカリ難溶性樹脂であるPHS（ポリヒドロキシスチレン）誘導体、ベースポリマーに結合している保護基としてのアセタール基、酸発生剤としてのジアゾメタン化合物であるビスシクロヘキシルスルホニルジアゾメタン、溶媒としての乳酸エチルとからなるレジスト（化学増幅型レジスト）を、被エッチング膜2上に塗布して、次に80℃で90秒加熱処理を行い、1000nmの膜厚を有するレジスト被膜3を形成した。このレジストは、保護基にアセタール基を用いているため、130℃程度で脱保護が起こり、アニーリング処理は行なわれていない。

【0039】次に、レジスト被膜3に対してマスクを介してKrFエキシマレーザを照射した後、PEBとして110℃で90秒の加熱処理をした。次に、レジスト被膜3の照射部を、2.38%TMAH水溶液からなる現像液に溶解させて、レジスト被膜3の未照射部からなる、開口サイズ（ホールの直径）が300nmであるホールパターン化されたレジスト被膜3を形成した。

【0040】次に、パターン化されたレジスト被膜3をマスクとして、被エッチング膜2のドライエッチングを行なった。ドライエッチング装置は、容量結合型プラズマタイプを使用した。ドライエッチング条件は、エッチングガスとしては、 CHF_3 と CF_4 、及びArの混合ガスを用い、チャンバ真空度は150mTorr、電源パワーは1000Wとした。この時のプラズマ密度は、 $5 \times 10^9 \text{ cm}^{-3}$ である。

【0041】上記のレジスト、及びドライエッチング条件により被エッチング膜2にホールパターン5を形成したところ、図4(d)に示すように、丸型形状となり良好な特性が得られた。また、ホールサイズは約305nmであり、寸法の極端な拡大もなく良好な特性であった。

【0042】（第2の具体例）ベースポリマーとしてのアルカリ難溶性樹脂であるPHS（ポリヒドロキシスチレン）誘導体、ベースポリマーに結合している保護基としてのアセタール基、酸発生剤としてのオニウム塩化合物であるトリフェニルスルホニウムトリフレート、溶媒としての乳酸エチルとからなるレジスト（化学増幅型レジスト）を、被エッチング膜2上に塗布して、次に80℃で90秒加熱処理を行い、1000nmの膜厚を有するレジスト被膜3を形成した。このレジストは、保護基にアセタール基を用いているため、130℃程度で脱保護基（保護基の離脱）が起こり、アニーリング処理は行なわれていない。

【0043】次に、レジスト被膜3に対してマスクを介してKrFエキシマレーザを照射した後、PEBとして110℃で90秒の加熱処理をした。次に、レジスト被膜3の照射部を、2.38%TMAH水溶液からなる現像液に溶解させて、レジスト被膜3の未照射部からなる、開口サイズ（ホールの直径）が300nmであるホールパターン化されたレジスト被膜3を形成した。

【0044】次に、パターン化されたレジスト被膜3をマスクとして、被エッチング膜2のドライエッチングを行なった。条件は第1の具体例と同一であり、誘導結合型プラズマタイプで行なった。上記レジストと被エッチング膜との選択比は、ノボラック型レジストと比較して、約80%であった。すなわち、化学増幅型レジストのほうが削られやすい、ことが示された。

【0045】上記のレジスト、及びドライエッチング条件により被エッチング膜2にホールパターン5を形成したところ、図4(b)に示すように、丸型形状となり良好な特性が得られた。またホールサイズは約305nmであり、寸法の極端な拡大もなく良好な特性であった。

【0046】（第3の参考例）ベースポリマーとしてのアルカリ難溶性樹脂であるPHS（ポリヒドロキシスチレン）誘導体、ベースポリマーに結合している保護基としてのアセタール基、酸発生剤としての、オニウム塩化合物であるトリフェニルスルホニウムトリフレートとジアゾメタン化合物であるビス（3-メチルフェニルスルホニル）ジアゾメタンの両者よりなる添加物、溶媒としてのプロピレングリコールモノメチルエーテルアセテートとからなるレジスト（化学増幅型レジスト）を、被エッチング膜2上に塗布して、次に80℃で90秒加熱処理を行い、1000nmの膜厚を有するレジスト被膜3を形成した。このレジストは、保護基にアセタール基を用いているため、130℃程度で脱保護基（保護基の離脱）が起こり、アニーリング処理は行なわれていない。

【0047】次に、レジスト被膜3に対して、マスクを介して、KrFエキシマレーザを照射した後、PEBとして110℃で90秒の加熱処理をした。

【0048】次に、パターン化されたレジスト被膜3をマスクとして、被エッチング膜2のドライエッチングを

行なった。条件は第1の具体例と同一であり、誘導結合型プラズマタイプで行なった。上記レジストと被エッチング膜2との選択比は、ノボラック型レジストと比較して約80%であった。すなわち、化学増幅型レジストのほうが削られやすい、ことを示した。

【0049】上記のレジスト、及びドライエッチング条件により被エッチング膜2にホールパターン5を形成したところ、図4(e)に示すように、径の大きい、星型形状となった。またホールサイズは、約345nmであり、寸法の極端な拡大が見られ、非常に好ましくないものであった。

【0050】(第4の参考例)ベースポリマーとしてのアルカリ難溶性樹脂であるノボラック樹脂、感光剤としてのキノンジアシド化合物、溶媒としてのプロピレングリコールモノメチルエーテルアセテートとからなるレジスト(ノボラック型レジスト)を、被エッチング膜2上に塗布して、次に、80℃で90秒加熱処理を行い、1000nmの膜厚を有するレジスト被膜3を形成した。

【0051】次に、レジスト被膜3に対してマスクを介してi線(波長365nm)を照射した後、PEBとして、110℃で90秒の加熱処理をした。次に、レジ

スト被膜3の照射部を、2.38%TMAH水溶液からなる現像液に溶解させて、レジスト被膜3の未照射部からなる開口サイズ(ホールの直径)が300nmであるホールパターン化されたレジスト被膜3を形成した。ホールパターン4の耐熱性は130℃であった。

【0052】次に、ホールパターン化されたレジスト被膜3をマスクとして、被エッチング膜2のドライエッチングを行なった。条件は第1の具体例と同一である誘導結合型プラズマタイプと、第2の参考例と同一である容量結合型プラズマタイプで、それぞれドライエッチングを行なった。

【0053】上記のレジスト、及びドライエッチング条件により被エッチング膜2にホールパターン5を形成したところ、図4(f)に示すように、ホールパターンは、どちらのドライエッチング条件でも、丸型形状となり、ほぼ良好な特性が得られた。またホールサイズは約305nmであり、寸法の極端な拡大もなく、良好な特性であった。

【0054】

【表1】

| | 樹脂 | 保護基 | 酸発生剤 (感光剤) | アニール 処理 | エッチング | ホール形状 |
|------|-------|---------------------|-------------------------------|------------|-------|------------|
| 具体例1 | PHS | アクリル酸 t-ブチルエステル基 | スルホニミド化合物 | あり | 誘導結合型 | 丸型 (良好) |
| 具体例2 | PHS | アセタール基 | セキレン化合物 | なし | 誘導結合型 | 丸型 (良好) |
| 参考例1 | PHS | アクリル酸 t-ブチルエステル基 | ジアゾメタン化合物 | あり | 誘導結合型 | 星型 (不良) |
| 参考例2 | PHS | アセタール基 | ジアゾメタン化合物 | なし | 容量結合型 | 丸型 (良好) |
| 参考例3 | PHS | アセタール基 | セキレン化合物と ジアゾメタン化合物 (混合) | なし | 誘導結合型 | 星型 (不良) |
| 参考例4 | ノボラック | — | (キノンジアシド 化合物) | なし | 誘導結合型 | 丸型 (良好) |
| | | | | | 容量結合型 | 丸型 (良好) |

PHS：ポリトリスチレン誘導体

【発明の効果】請求項1に記載のホールパターンの形成方法によれば、半導体基板上に形成された被エッチング膜の上に、ホールパターン化された感光性材料膜を形成する第1の工程と、前記ホールパターン化された感光性材料膜をマスクの一部として、前記被エッチング膜に対して $1 \times 10^{10} \text{ cm}^{-3}$ 以上の高密度プラズマによりドライエッチングを行い、前記被エッチング膜からなる高アスペクト比の丸型のホールパターンを形成する第2の工程と、を含み、前記感光性材料膜を構成する感光性材料

は、ベースポリマーとしてのノボラック樹脂、酸発生剤としてのキノンジアシド化合物を含む、ノボラック型レジストを使用するようにしたので、プラズマ密度を $1 \times 10^{10} \text{ cm}^{-3}$ 以上の高密度プラズマとすることにより、ノボラック型レジストを用いる場合でも、被エッチング膜に高アスペクト比の丸形のホールパターンを形成することができ、通常のサイズのコンタクトホールと配線とが不要な相互接続を生ずることなく、優れた素子特性を得ることができる、ホールパターンの形成方法が得られ

る効果がある。

【0055】また、請求項2に記載のホールパターンの形成方法によれば、請求項1記載のホールパターンの形成方法において、前記被エッチング膜を高密度プラズマによりドライエッチングする装置は、プラズマを発生させるソース電源と、イオンを基板に引き込むバイアス電源とを備えるものとしたので、この種の2電源のドライエッチング装置を使用することにより、ノボラック型レジストを用いる場合でも、被エッチング膜に丸形のホールパターンを形成することができ、通常のサイズのコンタクトホールと配線とが不要な相互接続を生ずることなく、優れた素子特性を得ることができる、ホールパターンの形成方法が得られる効果がある。

【0056】また、請求項3に記載のホールパターンの形成方法によれば、請求項1記載のホールパターンの形成方法において、前記被エッチング膜を高密度プラズマによりドライエッチングする装置は、誘導結合型プラズマタイプ、電子サイクロトロン共鳴タイプ、容量結合型プラズマ2周波タイプ、表面波プラズマタイプのプラズマドライエッチング装置であるものとしたので、これらのいずれかのプラズマドライエッチング装置を使用することにより、ノボラック型レジストを用いる場合でも、被エッチング膜に丸形のホールパターンを形成すること

ができ、通常のサイズのコンタクトホールと配線とが不要な相互接続を生ずることなく、優れた素子特性を得ることができる、ホールパターンの形成方法が得られる効果がある。

【図面の簡単な説明】

【図1】(a)～(c)は本発明、及び従来例によるホールパターン形成方法の各工程を示す表面図、断面図、断面図、及び表面図、断面図である。

【図2】従来のホールパターン形成方法における問題点を説明する表面図、及び断面図である。

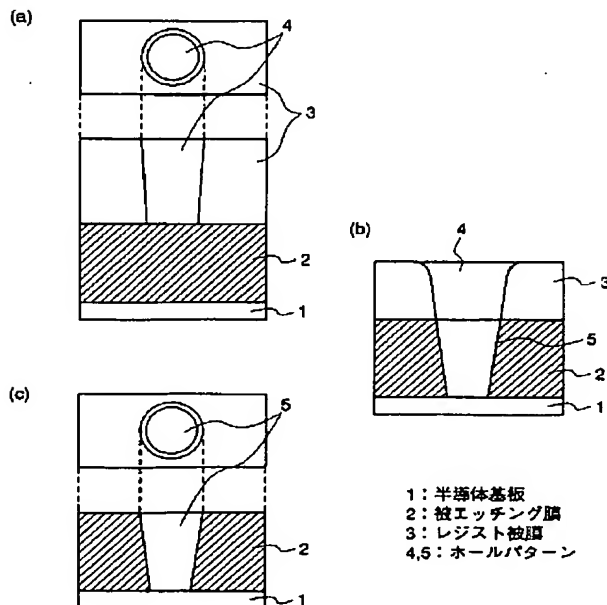
【図3】本発明にかかるホールパターンの形成方法におけるプラズマ密度とホール形状、サイズとの関係を表す図である。

【図4】(a)～(f)は具体例1～2及び参考例1～4の各条件下で被エッチング膜上に形成されたホールパターンの形状を示す図である。

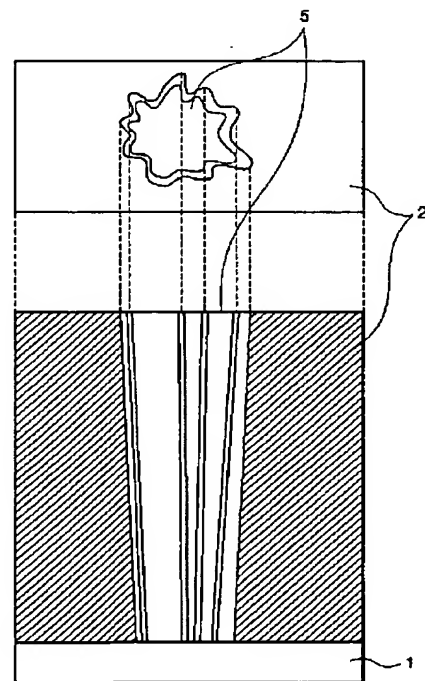
【符号の説明】

- 1 半導体基板
- 2 被エッチング膜
- 3 レジスト被膜
- 4 ホールパターン
- 5 ホールパターン

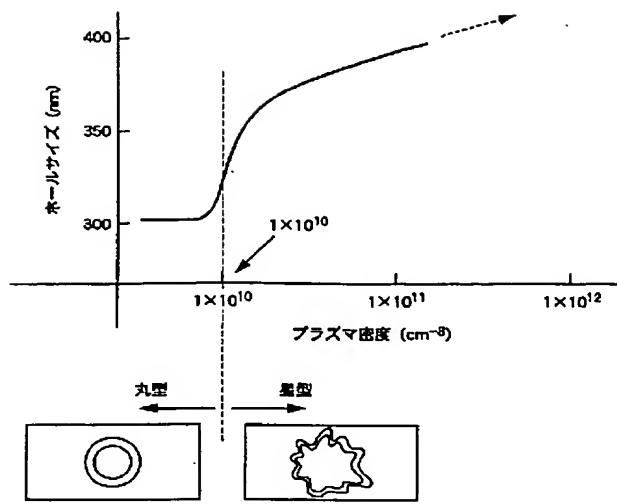
【図1】



【図2】



【図3】



【図4】

